

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-237012  
 (43)Date of publication of application : 23.08.1994

(51)Int.Cl. H01L 33/00  
 H01S 3/18

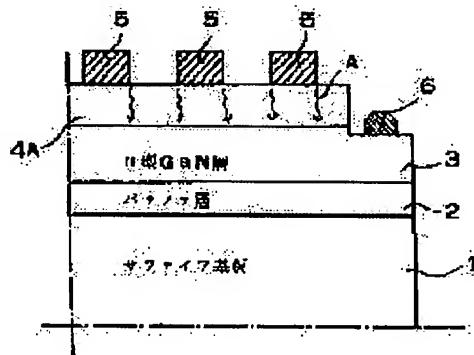
(21)Application number : 05-045983 (71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD  
 (22)Date of filing : 10.02.1993 (72)Inventor : NAKAMURA SHUJI  
 SENOO MASAYUKI

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT OF GALLIUM NITRIDE COMPOUND

## (57)Abstract:

PURPOSE: To increase the light emitting output power of a blue light emitting element by emitting the light from the vicinity of the periphery of a p-type electrode stronger than the other part.

CONSTITUTION: At least an n-type gallium-nitride-based compound semiconductor layer and a p-type gallium-nitride-based compound semiconductor layer, wherein P p-type dopant is doped and the resistivity is made to be  $1,000 \Omega \cdot \text{cm}$  or less, are provided on a substrate. An n-type electrode 6 and a p-type electrode 5, which undergo annealing and are electrically connected, are formed on the n-type gallium-nitride-based compound semiconductor layer and the p-type gallium-nitride-based compound semiconductor layer, wherein p-type dopant is doped. A current is conducted through the n-type electrode 6 and the p-type electrode 5, and the vicinity of the periphery of the p-type electrode emits the light stronger than the other part. Thus, the light emitting output power of the blue light emitting element can be increased.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.02.1993  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.10.1997  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number] 2141083  
 [Date of registration] 08.10.1999  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection] 09-18932  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 06.11.1997  
 [Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] On a substrate, it has at least n mold gallium nitride system compound semiconductor layer and p mold gallium nitride system compound semiconductor layer which doped p mold dopant and adjusted resistivity at 1000 or less ohm-cm. In said n mold gallium nitride system compound semiconductor layer and p mold gallium nitride system compound semiconductor layer which doped said p mold dopant By forming n mold electrode and p mold electrode which carried out annealing processing and were connected electrically, respectively, and energizing to n mold electrode and p mold electrode The gallium nitride system compound semiconductor light emitting device characterized by constituting so that light may be made to emit near the periphery of said p mold electrode more strongly than other parts.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[Industrial Application] This invention relates mainly to the gallium nitride system compound semiconductor light emitting device used for luminescence devices, such as a blue light emitting diode and blue luminescence laser diode.

#### [0002]

[Description of the Prior Art] Gallium nitride system compound semiconductors, such as gallium nitride (GaN), an indium nitride gallium (InGaN), gallium nitride aluminum (GaAIN), and an indium nitride aluminum gallium (InAlGaN), attract attention as a practical semiconductor material used for blue light emitting diode, blue laser diode, etc.

[0003] For example, the thing of MIS (Metal-Insulator-Semiconductor) structure is known well, and the blue light emitting device using GaN explains this structure using the sectional view of drawing 1, and the top view of drawing 2. This has the structure which consists of the buffer layer 2 which consists of AlN fundamentally on the silicon on sapphire 1 which is a translucency substrate, an n mold GaN layer 3, and a GaN layer 4 which doped p mold dopant. the semi-conductor of low resistance [ the GaN layer 4 which doped p mold dopant ] — not but — in practice — resistivity — 106 or more ohm-cm — high — it is a half-insulator [ \*\*\*\* ] (i mold). [0004] Furthermore, n mold electrode 6 (on these specifications, all the electrodes formed in n mold gallium nitride system compound semiconductor are called n mold electrode.) which consists of aluminum and In is formed in the n mold GaN layer 3. On the other hand, p mold electrode 5 (similarly on these specifications, all the electrodes formed in the gallium nitride system compound semiconductor with which p mold dopant was doped are called p mold electrode.) which consists of Au and In is formed also in the i mold GaN layer 4 which doped p mold dopant. The layer which connects p mold electrode is the GaN layer 4 of i mold instead of p mold correctly. However, since this i mold GaN layer 4 is the GaN layer 4 which doped p mold dopant, it calls the electrode connected here p mold electrode.

[0005] As shown in the top view of drawing 2, by forming p mold electrode 5 all over the i mold GaN layer 4, the blue light emitting device of this structure extends electric field to homogeneity, makes the p mold GaN layer 4 emit light completely, and is made into the structure which takes out light from silicon-on-sapphire side 1.

#### [0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The light emitting diode of this structure makes the i mold GaN layer 4 a luminous layer, and forms p mold electrode 5 in this luminous layer. However, the light emitting diode of this structure has high forward voltage, and, moreover, has a fault with a low radiant power output. The thing with high forward voltage is because the i mold GaN layer 4 is an insulator mostly. such — high — the light emitting device which has i mold gallium nitride system compound semiconductor [ \*\*\*\* ] has high forward voltage, and a radiant power output is very bad.

[0007] Therefore, this invention is developed for the purpose of solving the difficult problem of increasing the radiant power output of the conventional blue light emitting device.

#### [0008]

[Means for Solving the Problem] According to a unique luminescence condition whose imagination is also impossible, this invention person found out that the above-mentioned problem was solvable with the conventional technique. That is, the gallium nitride system compound semiconductor light emitting device of this invention is equipped with the following configuration. At least it on a substrate n mold gallium nitride system compound semiconductor layer, It has p mold gallium nitride system compound semiconductor layer which p mold dopant doped and made resistivity 1000 or less ohm-cm. In said n mold gallium nitride system compound semiconductor layer and p mold gallium nitride system compound semiconductor layer by which said p mold dopant was doped It is characterized by constituting so that light may be made to emit near the periphery of p mold electrode more strongly than other parts by forming n mold electrode which carried out annealing processing and which was connected electrically, and p mold electrode, and energizing to n mold electrode and p mold electrode.

[0009] Hereafter, the light emitting device of this invention is explained with reference to drawing 3. This light emitting device is the purpose which carries out ohmic contact to p mold GaN layer 4A which doped p mold dopant, and has connected p mold electrode 5 which carried out annealing. In the periphery section, as for p mold electrode 6 which carried out annealing and was electrically connected to p mold GaN layer 4A, contact

resistance with the p mold GaN layer 4 is small. When carrying out annealing of it, it is because the hydrogen contained in p mold GaN layer 4A is removed and resistance of p mold GaN layer 4A decreases. When it energizes to p mold electrode 6 connected to p mold GaN layer 4A in this condition, a current concentrates on the periphery section of p mold electrode 5, it flows, and light is made to emit near the periphery of p mold electrode 5 strongly rather than other parts. That is, the gallium nitride system compound semiconductor light emitting device of this invention increases a synthetic radiant power output remarkably by making the i type layer GaN layer 4 of drawing 1 emit light strongly locally conversely with the conventional accepted theory of making homogeneity emitting light, near the periphery of small p mold electrode 5 of p mold GaN layer 4A and contact resistance. As mentioned above, although the ga junction LED of drawing 3 was explained, for example, light can be made to emit strongly near the periphery of p mold electrode similarly to double in the terrorism structure LED.

[0010] The alloy of Au, aluminum, In, nickel, Pt, Cr, Ti, or these metals can be used for p mold electrode 5 and n mold electrode 6. As it can form in configurations of arbitration, such as the shape of a dot, a stripe, and a go board grid, and is shown in drawing 4, after carrying out mutually-independent and forming p mold electrode 5, in order to connect these electrodes electrically, the overcoat of the configuration of p mold electrode 5 can also be carried out with the conductive ingredient 8.

[0011]

[Function] As a current concentrates near the periphery of p mold electrode 5 on p mold GaN layer 4A and the gallium nitride system compound semiconductor light emitting device of this invention flows, it can enlarge the radiant power output of this part. For example, as shown in drawing 3, the light emitting device which formed p mold electrode 5 can adjust how depending on which a current flows by changing the electric resistance of p mold GaN layer 4A near the electrode 5 periphery, and p mold GaN layer 4A in which an electrode is not formed. That is, if the electric resistance of p mold GaN layer 4A near the p mold electrode 5 is enlarged and the electric resistance of p mold GaN layer 4A in which p mold electrode 5 is not formed is made small, a current will concentrate on the periphery of p mold electrode 5, and it will come to flow. The direction of it of the periphery of p mold electrode 5 is [ contact resistance ] because it is small, so a current is concentrated on the periphery of p mold electrode 5 and it comes to flow.

[0012]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained based on a drawing. However, the example shown below does not illustrate the light emitting device for materializing the technical thought of this invention, and the light emitting device of this invention specifies neither the chemical composition of a component part, the whole structure nor arrangement as the following. The light emitting device of this invention can do modification \*\*\*\*\* in the range included in the summary of a claim.

[0013] The gallium nitride system compound semiconductor light emitting device shown in drawing 3 uses an MOCVD system for C side of the silicon on sapphire 1 which is a translucency substrate, and is growing up the GaN buffer layer 2 by 200A thickness. The n mold GaN layer 3 which doped Si on the GaN buffer layer 2 is grown up by 4-micrometer thickness. Furthermore, on the n mold GaN layer, p mold GaN layer 4A which doped Mg was prepared, p mold electrode 5 is formed on p mold GaN layer 4A, and n mold electrode 6 is formed on the n mold GaN layer.

[0014] The light emitting device shown in drawing 3 has formed p mold electrode 5 and n mold electrode 6, respectively p mold GaN layer 4A and on the n mold GaN layer 3. Electrodes 5 and 6 are formed as follows.

\*\* Create a pattern predetermined by the photoresist on p mold GaN layer 4A.

\*\* Etch until the n mold GaN layer 3 exposes a part of p mold GaN layer 4A.

\*\* Exfoliate the resist after etching termination and create the pattern of electrodes 5 and 6 by the photoresist again.

\*\* Vapor-deposit aluminum in the n mold GaN layer 3, vapor-deposit nickel to p mold GaN layer 4A, and consider as n mold electrode 6 and p mold electrode 5, respectively. In addition, p mold electrode is used as a stripe with a width of face of 30 micrometers, and also prepares 15 stripe spacing in one chip as 10 micrometers. Annealing of the wafer is carried out at 700 degrees C after two-electrodes formation.

\*\* In order to connect electrically p mold electrode 5 of the shape of a stripe prepared in p mold GaN layer 4A, as shown in drawing 4, vapor-deposit the conductive ingredients 8, such as Au and In, on p mold electrode 5.

[0015] The light emitting device shown in drawing 3 changes the electric resistance of p mold GaN layer 4A which had p mold electrode 5 formed, and p mold GaN layer 4A which is not formed by annealing, and adjusts it. Consequently, the electric resistance of p mold GaN layer 4A of the lower part in which p mold electrode 5 was formed is enlarged as compared with p mold GaN layer 4A which is not formed. Since resistance is strong, as for the p mold GaN layer of the lower part in which, as for the light emitting device of this structure, p mold electrode 5 was formed, a current cannot flow easily, and since resistance of p mold GaN layer 4A of the periphery lower part of p mold electrode 5 is small, a current tends to flow. Therefore, it can concentrate on the periphery section of p mold electrode 5, a current can flow, and the radiant power output of this part can be enlarged.

[0016] Although the approach of the light emitting device of this invention enlarging resistance of p mold GaN layer 4A of the lower part in which p mold electrode 5 was formed, and making small resistance of p mold GaN layer 4A which is not formed does not specify, after forming p mold electrode 5 in p mold GaN layer 4A, this

condition is realizable by removing the hydrogen contained in the p mold GaN layer in which p mold electrode 5 is not formed. The electric resistance of p mold GaN layer 4A is high by the hydrogen contained in p mold GaN layer 4A. Hydrogen is contained in a GaN layer when growing up a GaN layer. When growing up a GaN layer, it is very difficult to remove hydrogen completely. It is for using the compound gas which contains hydrogen and nitrogen, such as ammonia, as a nitrogen source at the time of GaN layer growth, this ammonia decomposing at the time of growth, and atomic hydrogen being made, combining with p mold dopant (for example, Mg, Zn) by which this hydrogen atom is surely doped as an acceptor, and inactivating p mold dopant. Therefore, if atomic hydrogen enters into a p mold GaN layer, hydrogen will inactivate an acceptor dopant and will form the p mold GaN into high resistance.

[0017] The hydrogen in p mold GaN layer 4A is removable by carrying out annealing above 400 degrees C. That is, in a GaN layer, from p mold dopant (M) combined in the state of M-H, and hydrogen (H), when only hydrogen goes away, an acceptor dopant is activated and an electron hole is made. Generating of an electron hole reduces further resistance of p mold GaN layer 4A. It is in the condition which formed p mold electrode 5 in p mold GaN layer 4A, for example, if annealing is performed at 700 degrees C, hydrogen cannot come out out of a crystal, but will become having remained with as in the bottom of p mold electrode 5 from the part just under p mold electrode 5. Therefore, resistance of the part large and non-formed [ resistance of p mold GaN layer 4A in which p mold electrode 5 was formed ] can be made small by forming and carrying out annealing of the p mold electrode 5. That is, distribution of the electric resistance of p mold GaN layer 4A can be adjusted. When performing annealing, it is desirable to carry out in the ambient atmosphere which does not contain hydrogen, and when it carries out in the ambient atmosphere containing hydrogen, such as ammonia and a hydrazine, there is a possibility that re-occlusion may be carried out to a p mold GaN layer.

[0018] If the light emitting device obtained as mentioned above is energized, many currents will flow in the periphery part of p mold electrode 5 shown by the arrow head A of drawing 3. It has strong resistance of p mold GaN layer 4A of the lower part in which p mold electrode 5 was formed, and is because resistance of the part which is not formed is small. Therefore, it concentrates on the periphery section of p mold electrode 5 shown by the arrow head A, a current flows, and this part emits light by the high radiant power output.

[0019] Finally the wafer was cut in the shape of [ of 1x0.8mm angle ] a chip, when it includes in light emitting diode and it was made to emit light, in 20mA of forward current, forward voltage 5V showed 430nm luminescence, and the radiant power output was 10 microwatts.

[0020] drawing 5 shows the light emitting device of p mold gallium nitride system compound semiconductor of different structure. This light emitting device is also growing up the GaN buffer layer into C side of silicon on sapphire 1 by 200A thickness using an MOCVD system. The n mold GaN layer 3 which doped Si on the GaN buffer layer 2 is grown up by 4-micrometer thickness. Furthermore on the n mold GaN layer 3, the InGaN layer 9 of p mold or n mold is grown up by 100A thickness. p mold GaN layer 4A which doped Mg is prepared on this InGaN layer 9, and n mold electrode 6 and p mold electrode 5 are formed on the n mold GaN layer 3 and p mold GaN layer 4A.

[0021] Also in the light emitting device of this structure, resistance of p mold GaN layer 4A of a part in which p mold electrode 5 was formed is made larger than the part which is not formed. If the light emitting device of this structure is energized to p mold electrode 5 and n mold electrode 6, the InGaN layer 9 emits light and it can observe strong luminescence of the InGaN layer 9 near the p mold electrode periphery from a silicon-on-sapphire side. When this light emitting device was similarly used as light emitting diode, in the forward voltage of 20mA, forward voltage 5V showed 420nm luminescence, and the radiant power output was 300 microwatts.

[0022] On p mold GaN layer 4A, the light emitting device shown in drawing 3 and drawing 5 provides stripe-like p mold electrode 5, as shown in drawing 6. p mold electrode 5 can also be formed as shown in drawing 7 thru/or drawing 9. p mold electrode 5 with which p mold electrode 5 shown in drawing 7 shows p mold electrode 5 shown in drawing 8 in the shape of a go board grid to punctiform at drawing 9 is formed in the line of a concentric circle. That is, the more it does not ask and the die length of the periphery excels, luminescence area can become large and, the more especially the configuration of p mold electrode 5 can increase luminous efficiency.

[0023] [Effect of the Invention] The gallium nitride system compound semiconductor light emitting device of this invention can make elegance conventionally the radiant power output which stands high by making light emit near the periphery of p mold electrode formed in p mold gallium nitride system compound semiconductor layer with an output higher than other parts. The radiant power output was set to 10 microwatts in forward voltage 4V and 20mA of forward current by the light emitting diode which used the light emitting device shown in drawing 3 which incidentally starts the example of this invention. In these conditions, the radiant power output of light emitting diode which used the light emitting device of terrorism structure to the double concerning the example of this invention furthermore shown in drawing 5 improved by leaps and bounds with 300 microwatts. When a radiant power output does not have the light emitting diode which used the light emitting device of the conventional metal-insulator-semiconductor structure shown in drawing 1 at 1 microwatt and 20mA of forward current was passed, the thermal runaway was carried out and it stopped in addition, emitting light in forward voltage 15V and 10mA of forward current. This is because the resistivity of an i mold GaN layer is very as high as 106 or more ohm-cm, so the Joule's heat will increase rapidly and the temperature of a light emitting device will become high, if a current is made to increase.

[0024] As explained above, since the light emitting device of this invention makes the periphery section of p mold electrode emit light strongly, it can carry out the low resistance part of p type layer to if many, preparing thin linear p mold electrode for a long time for example, or punctiform p mold electrodes are prepared, be alike for a long time, and can increase a radiant power output. Moreover, since light is made to emit near the periphery of p mold electrode, it is also possible by being able to concentrate light on a part as a punctiform p mold electrode, and considering as linear p mold electrode to concentrate a part for a light-emitting part on a line.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The sectional view showing an example of the conventional light emitting device.

[Drawing 2] The top view of the light emitting device shown in drawing 1.

[Drawing 3] The sectional view of a light emitting device showing one example of this invention.

[Drawing 4] The sectional view showing the condition of having carried out the overcoat of the conductive ingredient on p mold electrode shown in drawing 3.

[Drawing 5] The sectional view of the light emitting device concerning other examples of this invention.

[Drawing 6] The top view showing other examples of the configuration of p mold electrode.

[Drawing 7] The top view showing other examples of the configuration of p mold electrode.

[Drawing 8] The top view showing other examples of the configuration of p mold electrode.

[Drawing 9] The top view showing other examples of the configuration of p mold electrode.

## [Description of Notations]

1 .... Silicon on sapphire 2 .... Buffer layer

3 .... n mold GaN layer 4 .... i mold GaN layer

Four A....p mold GaN layer

5 .... p mold electrode 6 .... n mold electrode

8 .... Conductive ingredient 9 .... InGaN layer

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-237012

(43)公開日 平成6年(1994)8月23日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
 H 01 L 33/00  
 H 01 S 3/18

識別記号 庁内整理番号  
 A 7376-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数1 FD (全5頁)

(21)出願番号

特願平5-45983

(22)出願日

平成5年(1993)2月10日

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化  
学工業株式会社内

(72)発明者 妹尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化  
学工業株式会社内

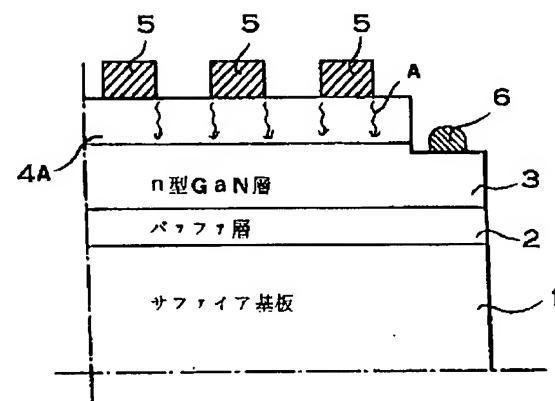
(74)代理人 弁理士 豊橋 康弘

(54)【発明の名称】窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 順方向電圧を低くして発光部分を集中する。

【構成】 基板の上に、n型窒化ガリウム系化合物半導  
体層と、p型ドーパントをドープして抵抗率を1000  
 $\Omega \cdot \text{cm}$ 以下に調整したp型窒化ガリウム系化合物半導  
体層4Aとを有する。n型窒化ガリウム系化合物半導  
体層とp型ドーパントをドープしたp型窒化ガリウム系化  
合物半導体層とには、アニーリング処理して電気的に接  
続されたn型電極6およびp型電極5を形成している。  
電極に通電してp型電極の周縁近傍を他の部分よりも強  
く発光させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の上に、少なくともn型窒化ガリウム系化合物半導体層と、p型ドーパントをドープして抵抗率を $1000\Omega\cdot\text{cm}$ 以下に調整したp型窒化ガリウム系化合物半導体層とを有し、前記n型窒化ガリウム系化合物半導体層と前記p型ドーパントをドープしたp型窒化ガリウム系化合物半導体層とには、それぞれ、アニーリング処理して電気的に接続されたn型電極およびp型電極が形成されており、n型電極とp型電極とに通電することにより、前記p型電極の周縁近傍を他の部分よりも強く発光させるように構成したことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、主として、青色発光ダイオード、青色発光レーザーダイオード等の発光デバイスに使用される窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 青色発光ダイオード、青色レーザーダイオード等に使用される実用的な半導体材料として、窒化ガリウム(GaN)、窒化インジウムガリウム(InGaN)、窒化ガリウムアルミニウム(GaAlN)、窒化インジウムアルミニウムガリウム(InAlGaN)等の窒化ガリウム系化合物半導体が注目されている。

【0003】 例えば、GaNを用いた青色発光素子はMIS(Metal-Insulator-Semiconductor)構造のものが多く知られており、この構造を図1の断面図、および図2の平面図を用いて説明する。これは基本的に、透光性基板であるサファイア基板1の上に、AlNよりなるバッファ層2と、n型GaN層3と、p型ドーパントをドープしたGaN層4よりなる構造を有している。p型ドーパントをドープしたGaN層4は、低抵抗の半導体ではなく、実際は抵抗率が $10^6\Omega\cdot\text{cm}$ 以上の高抵抗な半絶縁体(i型)となっている。

【0004】 さらにn型GaN層3には、例えばAl、Inよりなるn型電極6(本明細書では、n型窒化ガリウム系化合物半導体に形成される電極を全てn型電極という。)が形成されている。一方、p型ドーパントをドープしたi型GaN層4にも、例えばAu、Inよりなるp型電極5(同じく、本明細書では、p型ドーパントがドープされた窒化ガリウム系化合物半導体に形成される電極を全てp型電極という。)が形成されている。p型電極を接続する層は、正確にはp型ではなくi型のGaN層4である。ただ、このi型GaN層4は、p型ドーパントをドープしたGaN層4であるので、ここに接続する電極はp型電極という。

【0005】 この構造の青色発光素子は、図2の平面図に示すように、p型電極5をi型GaN層4の全面に形成することにより電界を均一に広げ、p型GaN層4を

全面発光させて、光をサファイア基板側1から取り出す構造としている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 この構造の発光ダイオードは、i型GaN層4を発光層とし、この発光層にp型電極5を形成している。ところがこの構造の発光ダイオードは、順方向電圧が高く、しかも発光出力が低い欠点がある。順方向電圧が高いのは、i型GaN層4がほぼ絶縁体だからである。このような高抵抗なi型窒化ガリウム系化合物半導体を有する発光素子は、順方向電圧が高く、発光出力は極めて悪い。

【0007】 従って、本発明は、従来の青色発光素子の発光出力を増大させるという難しい問題を解決することを目的に開発されたものである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明者は従来技術では想像もできないような特異な発光状態によって、上記問題が解決できることを見いだした。即ち、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は下記の構成を備える。それは、基板の上に、少なくともn型窒化ガリウム系化合物半導体層と、p型ドーパントがドープして抵抗率を $1000\Omega\cdot\text{cm}$ 以下としたp型窒化ガリウム系化合物半導体層とを有し、前記n型窒化ガリウム系化合物半導体層と前記p型ドーパントがドープされたp型窒化ガリウム系化合物半導体層とには、アニーリング処理して電気的に接続したn型電極、およびp型電極が形成されており、n型電極とp型電極とに通電することにより、p型電極の周縁近傍を他の部分よりも強く発光させるように構成したことを特徴とする。

【0009】 以下、本発明の発光素子を図3を参照して説明する。この発光素子は、p型ドーパントをドープしたp型GaN層4Aに、オーミックコンタクトさせる目的で、アニーリングしたp型電極5を接続している。アニーリングしてp型GaN層4Aに電気的に接続されたp型電極6は、その周縁部において、p型GaN層4との接触抵抗が小さくなっている。それは、アニーリングするときに、p型GaN層4Aに含まれる水素が除去されてp型GaN層4Aの抵抗が減少するからである。この状態でp型GaN層4Aに接続されたp型電極6に通電すると、電流がp型電極5の周縁部に集中して流れ、p型電極5の周縁近傍を他の部分よりも強く発光させる。即ち、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、図1のi型層GaN層4を均一に発光させる従来の通説とは逆に、p型GaN層4Aと接触抵抗の小さいp型電極5の周縁近傍で局部的に強く発光させることによって、総合的な発光出力を著しく増大させるのである。以上、図3のホモ接合LEDについて説明したが、例えばダブルヘテロ構造LEDの場合も同様に、p型電極の周縁近傍で強く発光させることができる。

【0010】 p型電極5、およびn型電極6には、例え

ばAu、Al、In、Ni、Pt、Cr、Tiまたはこれらの金属の合金を使用することができる。p型電極5の形状はドット、ストライプ、碁盤格子状等任意の形状で形成することができ、また図4に示すように、互いに独立してp型電極5を形成した後、これらの電極を電気的に接続するために、導電性材料8でオーバーコートすることもできる。

### 【0011】

【作用】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、p型GaN層4A上のp型電極5の周縁近傍に電流が集中して流れるようにして、この部分の発光出力を大きくできる。例えば、図3に示すように、p型電極5を設けた発光素子は、電極5周縁近傍のp型GaN層4Aと、電極が形成されないp型GaN層4Aとの電気抵抗を変化させることによって電流の流れ方を調整できる。つまり、p型電極5の近傍のp型GaN層4Aの電気抵抗を大きくし、p型電極5が形成されないp型GaN層4Aの電気抵抗を小さくすると、p型電極5の周縁に電流が集中して流れようになる。それは、p型電極5の周縁の方が接触抵抗が小さいので、電流はp型電極5の周縁に集中して流れようになるからである。

### 【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。但し、以下に示す実施例は本発明の技術思想を具体化するための発光素子を例示するものであって、本発明の発光素子は、構成部品の化学組成、全体の構造や配置等を下記のものに特定するものではない。本発明の発光素子は特許請求の範囲の要旨に含まれる範囲で変更することができる。

【0013】図3に示す窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、透光性基板であるサファイア基板1のC面に、MOCVD装置を用いて、GaNバッファ層2を200オングストロームの膜厚で成長させている。GaNバッファ層2の上にSiをドープしたn型GaN層3を4μmの膜厚で成長させている。さらにn型GaN層の上に、Mgをドープしたp型GaN層4Aを設け、p型GaN層4Aの上にはp型電極5をn型GaN層の上にはn型電極6を設けている。

【0014】図3に示す発光素子は、p型GaN層4Aと、n型GaN層3の上にそれぞれp型電極5と、n型電極6を設けている。電極5、6は下記のようにして形成される。

① p型GaN層4Aの上にフォトレジストで所定のパターンを作成する。

② p型GaN層4Aの一部をn型GaN層3が露出するまでエッチングする。

③ エッチング終了後レジストを剥離し、再度フォトレジストで電極5、6のパターンを作成する。

④ n型GaN層3にはAlを蒸着し、p型GaN層4AにはNiを蒸着して、それぞれn型電極6、p型電極

5とする。なおp型電極は幅30μmのストライプとし、ストライプ間隔も10μmとして1チップに15本設ける。両電極形成後、700°Cでウエハーをアニーリングする。

⑤ p型GaN層4Aに設けたストライプ状のp型電極5を電気的に接続するために、図4に示すように、p型電極5の上にAu、In等の導電性材料8を蒸着する。

【0015】図3に示す発光素子は、p型電極5を形成されたp型GaN層4Aと、形成されないp型GaN層

10 4Aとの電気抵抗をアニーリングにより変化させて調整する。この結果、p型電極5を形成した下部のp型GaN層4Aの電気抵抗を、形成されないp型GaN層4Aに比較して大きくしている。この構造の発光素子は、p型電極5が形成された下部のp型GaN層は抵抗が大きいので電流が流れにくく、p型電極5の周縁下部のp型GaN層4Aの抵抗は小さいので、電流が流れやすい。したがってp型電極5の周縁部に集中して電流が流れ、この部分の発光出力を大きくすることができる。

【0016】本発明の発光素子は、p型電極5を形成した下部のp型GaN層4Aの抵抗を大きくし、形成しないp型GaN層4Aの抵抗を小さくする方法を特定しないが、p型GaN層4Aにp型電極5を形成した後、p型電極5が形成されないp型GaN層中に含まれる水素を除去することでこの状態を実現できる。p型GaN層4Aの電気抵抗は、p型GaN層4A中に含まれる水素によって高くなっている。GaN層を成長させる時に、GaN層に水素が含まれる。GaN層を成長させる時に水素を完全に除くことは極めて難しい。それはGaN層成長時に窒素源としてアンモニア等の水素と窒素を含む化合物ガスを使用し、このアンモニアが成長時に分解して、原子状水素ができる。この水素原子がどうしてもアクセプターとしてドープされているp型ドーパント（例えば、Mg、Zn）と結合して、p型ドーパントを不活性化してしまうためである。したがって原子状水素がp型GaN層に入ると、水素はアクセプタードーパントを不活性化して、p型GaNを高抵抗化してしまう。

【0017】p型GaN層4A中の水素は、例えば400°C以上でアニーリングすることにより除去できる。つまり、GaN層中で、M-Hの状態で結合しているp型ドーパント（M）と水素（H）から、水素のみが出ていくことによりアクセプタードーパントが活性化し正孔ができる。正孔の発生はp型GaN層4Aの抵抗をさらに低下させる。p型GaN層4Aにp型電極5を形成した状態で、例えば、700°Cでアニーリングを行うと、p型電極5の真下の部分からは水素が結晶中から出ることができず、p型電極5の下に残ったままとなる。したがって、p型電極5を形成してアニーリングすることによって、p型電極5が形成されたp型GaN層4Aの抵抗を大きく、形成されない部分の抵抗を小さくできる。つまり、p型GaN層4Aの電気抵抗の分布を調整するこ

30 40 50

とができる。アニーリングを行う場合、水素を含まない雰囲気中で行なうことが望ましく、アンモニア、ヒドラジン等の水素を含む雰囲気中で行なうと、p型GaN層に再吸収される恐れがある。

【0018】以上のようにして得られた発光素子は、通電すると、図3の矢印Aで示すp型電極5の周縁部分で電流が多く流れ。それは、p型電極5を形成した下部のp型GaN層4Aの抵抗が大きく、形成されない部分の抵抗が小さいからである。従って、矢印Aで示すp型電極5の周縁部に集中して電流が流れ、この部分が高い発光出力で発光する。

【0019】最後にウエハーを $1 \times 0.8$ mm角のチップ状にカットして発光ダイオードに組み込んで発光させると順方向電流20mAにおいて、順方向電圧5Vで430nmの発光を示し、発光出力は $10\mu\text{W}$ であった。

【0020】図5は異なる構造のp型窒化ガリウム系化合物半導体の発光素子を示している。この発光素子も、MOCVD装置を用いて、サファイア基板1のC面にGaNバッファ層を200オングストロームの膜厚で成長させている。GaNバッファ層2の上に、Siをドープしたn型GaN層3を $4\mu\text{m}$ の膜厚で成長させ、さらにn型GaN層3の上に、p型またはn型のInGaN層9を100オングストロームの膜厚で成長させ、このInGaN層9の上にMgをドープしたp型GaN層4Aを設け、n型GaN層3とp型GaN層4Aの上にn型電極6とp型電極5とを形成している。

【0021】この構造の発光素子においても、p型電極5が形成された部分のp型GaN層4Aの抵抗を、形成されない部分よりも大きくしている。この構造の発光素子はp型電極5とn型電極6とに通電すると、InGaN層9が発光し、p型電極周縁近傍のInGaN層9の強い発光をサファイア基板側から観測できる。同じくこの発光素子を発光ダイオードとしたところ、順方向電圧20mAにおいて、順方向電圧5Vで420nmの発光を示し、発光出力は $300\mu\text{W}$ であった。

【0022】図3と図5に示す発光素子は、p型GaN層4Aの上に、図6に示すようにストライプ状のp型電極5を設けている。p型電極5は図7ないし図9に示すように形成することもできる。図7に示すp型電極5は碁盤格子状に、図8に示すp型電極5は点状に、図9に示すp型電極5は同心円の線状に形成されている。つまり、p型電極5の形状は特に問うものではなく、その周縁の長さが長ければ長いほど、発光面積が大きくなり、発光効率を増大させることができる。

【0023】

【発明の効果】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、p型窒化ガリウム系化合物半導体層に形成し

たp型電極の周縁近傍を、他の部分よりも高い出力で発光させることによって、従来品を卓越する発光出力とすることができる。ちなみに本発明の実施例に係る図3に示す発光素子を使用した発光ダイオードは、順方向電圧4V、順方向電流20mAにおいて、発光出力は $10\mu\text{W}$ となった。さらに図5に示す本発明の実施例に係るダブルヘテロ構造の発光素子を使用した発光ダイオードは、同条件において発光出力が $300\mu\text{W}$ と飛躍的に向上した。なお、図1に示す従来のMIS構造の発光素子を使用した発光ダイオードは順方向電圧15V、順方向電流10mAにおいて、発光出力は $1\mu\text{W}$ でしかなく、また順方向電流を20mA流すと熱破壊して発光しなくなった。これは、i型GaN層の抵抗率が $106\Omega\cdot\text{cm}$ 以上と極めて高いために、電流を増加させるとジュール熱が急激に増加して発光素子の温度が高くなるからである。

【0024】以上説明したように、本発明の発光素子は、p型電極の周縁部を強く発光させるので、例えば、細い線状のp型電極を長く設けることにより、あるいは点状のp型電極を多く設けることによって、p型層の低抵抗部分を長くして発光出力を増大させることができる。また、p型電極の周縁近傍で発光させるので、点状のp型電極として光を局部に集中することができ、また、線状のp型電極とすることによって線状に発光部分を集中することも可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】従来の発光素子の一例を示す断面図。

【図2】図1に示す発光素子の平面図。

【図3】本発明の一実施例を示す発光素子の断面図。

【図4】図3に示すp型電極の上に導電性材料をオーバーコートした状態を示す断面図。

【図5】本発明の他の実施例に係る発光素子の断面図。

【図6】p型電極の形状の他の具体例を示す平面図。

【図7】p型電極の形状の他の具体例を示す平面図。

【図8】p型電極の形状の他の具体例を示す平面図。

【図9】p型電極の形状の他の具体例を示す平面図。

#### 【符号の説明】

1 ······ サファイア基板 2 ······ バッ

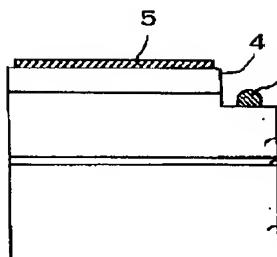
40 ファ層 3 ······ n型GaN層 4 ······ i型

GaN層 4A ······ p型GaN層 5 ······ p型電極 6 ······ n型

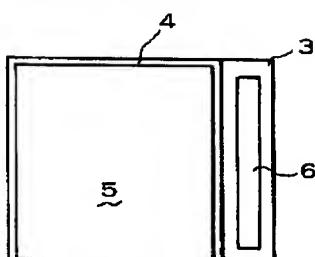
電極 8 ······ 導電性材料 9 ······ In

GaN層

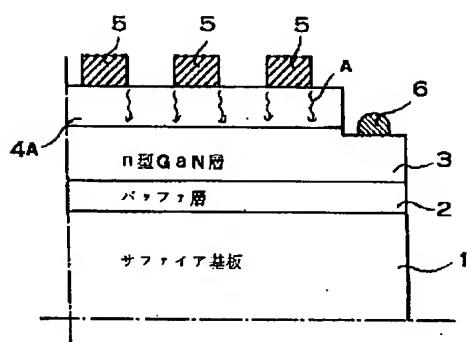
【図1】



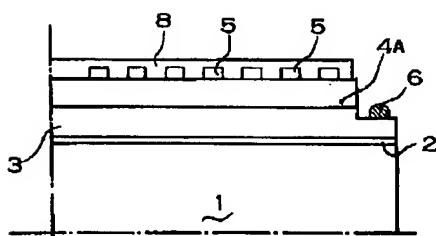
【図2】



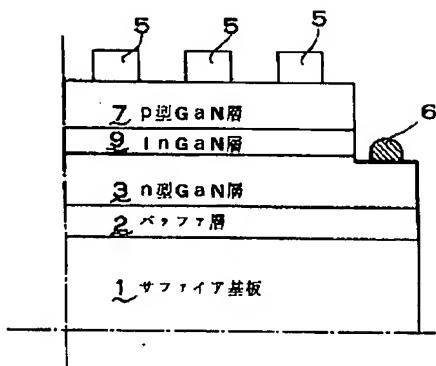
【図3】



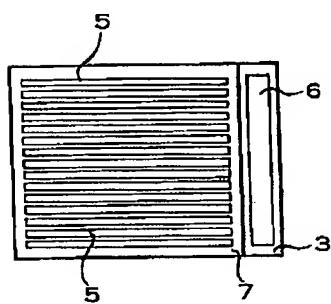
【図4】



【図5】

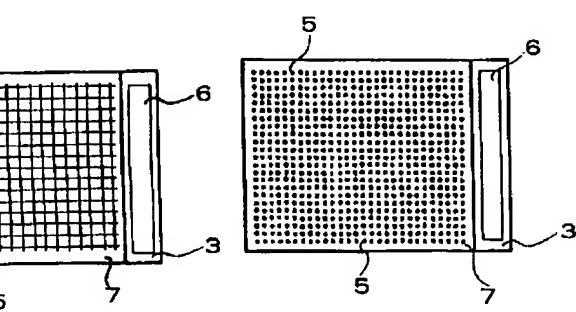


【図6】



【図7】

【図8】



【図9】

